



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 196 41 656 A 1**

⑤1 Int. Cl. 6:
G 02 B 27/18
G 02 B 17/08
G 02 B 26/12
G 09 B 27/02

②1 Aktenzeichen: 196 41 656.6
②2 Anmeldetag: 9. 10. 96
④3 Offenlegungstag: 23. 4. 98

DE 196 41 656 A 1

⑦1 Anmelder:
Carl Zeiss Jena GmbH, 07745 Jena, DE

⑦4 Vertreter:
Dr. Werner Geyer, Klaus Fehners & Partner, 80687
München

⑦2 Erfinder:
Meier, Ludwig, Dr., 07745 Jena, DE; Pudenz,
Jürgen, Dr., 07747 Jena, DE

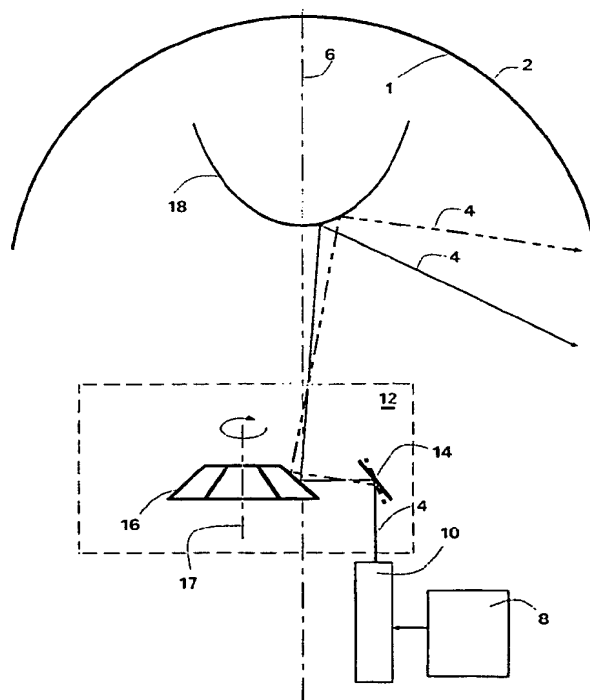
⑤6 Entgegenhaltungen:
DD 2 08 880
US 42 97 723
Ludwig Meier: Der Himmel auf Erden, 1992,
S. 71;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Vorrichtung zum Erzeugen ringförmiger Bilder

⑤7 Eine Vorrichtung zum Erzeugen eines teilringförmigen oder ringförmigen Bildes auf einer teilkugelförmigen Projektionsfläche (1) mittels eines Ringspiegels (18), mit dem ein dieses Bild erzeugendes Lichtbündel (4) auf die Projektionsfläche (1) ablenkbar ist, weist eine Lichtquelle (10), mit der im wesentlichen parallele Lichtbündel (4) erzeugbar sind, eine Steuereinrichtung (8) zur Steuerung der Intensität des Lichtbündels (4) und eine im Lichtweg zwischen dem Ringspiegel (18) und der Lichtquelle (16) angeordnete Rastereinrichtung (12) auf, mit der das Lichtbündel (4) zeilen- und bildmäßig zum sequentiellen Ausleuchten von Bildpunkten des ringförmigen oder teilringförmigen Bildes rasterbar ist.



DE 196 41 656 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Erzeugen eines ringförmigen oder teilringförmigen Bildes auf einer teilkugelförmigen Projektionsfläche mittels eines Ringspiegels, mit dem ein dieses Bild erzeugendes Lichtbündel auf die Projektionsfläche ablenkbar ist.

Derartige Vorrichtungen sind aus der DD-PS-208 880 bekannt. In dieser Druckschrift ist eine Panorama-Projektions-einrichtung für ein Planetarium dargestellt, die eine Beleuchtungseinrichtung zur Beleuchtung eines Dias aufweist, dem in Lichtausbreitungsrichtung ein Objektiv und eine Ringspiegellinse nachgeordnet sind. Die Ringspiegellinse ist durch eine an der dem Objektiv abgewandten Seite reflektierende Hyperboloidfläche ausgebildet, mittels der das Dia als Panorama auf die Kuppel des Planetariums projiziert wird. Der hyperboloide Ringspiegel bildet so einen Kreisring auf dem flachen Dia in ein ringförmiges Kugelsegment auf der Planetariumskuppel ab.

Aufgrund der geometrischen Unmöglichkeit eine ebene Fläche sowohl winkeltreu als auch flächentreu auf eine gekrümmte Oberfläche zu übertragen, muß das Bild auf dem Dia verzerrt gegenüber dem auf der Kuppel des Planetariums abgebildeten Bild dargestellt sein. Da jedoch ein ringförmiges Bild auf dem Dia wieder in ein durch Parallelkreise begrenzten Teilabschnitt der Planetariumskuppel abgebildet wird, ist bei dieser technischen Lösung für eine geometrisch richtige Bildprojektion auf der Kuppel eine Bildverzerrung auf dem Dia ausschließlich in radialer Richtung zu berücksichtigen.

Gemäß diesem Stand der Technik lassen sich allerdings nur begrenzte kleine Flächen ausleuchten, da sonst bei einer angemessenen Lichtstärke für das auf der Kuppel dargestellte Bild die Wärmebelastung auf dem Dia zu hoch wäre, welche dieses in kurzer Zeit zerstören würde.

Deshalb lassen sich mit der bekannten Vorrichtung bisher nur Panoramen abbilden. Weitere Möglichkeiten der Abbildung in einer Kuppel, beispielsweise die Darstellung eines Films, in dem ein Rendezvousmanöver von Raumschiffen auf der Kuppel gezeigt wird, sind mit einer derartigen Vorrichtung bisher nicht realisierbar. Die Hauptprobleme sind dabei der hohe Aufwand, den Bildinhalt in eine geeignete verzerrte Darstellung aufzubereiten und gleichzeitig die zu erwartende Wärmebelastung im Bildbereich zu reduzieren.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Panoramabild mit größerer Bildfläche zu erzeugen als mit dem Panoramaprojektor nach dem Stand der Technik, ohne daß in der Bildebene hohe Wärmebelastung auftritt. Insbesondere sollen die bei der Abbildung einer Ebene in eine Kuppel immer auftretenden Bildverzerrungen in einfacher Weise berücksichtigt werden können, so daß möglicherweise auch längere Filme über diesen Panoramaprojektor auf die Kuppel projizierbar sind.

Die Aufgabe wird ausgehend vom eingangs genannten Stand der Technik dadurch gelöst, daß eine Lichtquelle mit der im wesentlichen parallelen Lichtbündel erzeugbar sind, eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Intensität des Lichtbündels und einer im Lichtweg zwischen dem Ringspiegel und der Lichtquelle angeordneten Rastereinrichtung, mit der das Lichtbündel zeilen- und bildmäßig zum sequentiellen Ausleuchten von Bildpunkten des ringförmigen Bildes rasterbar ist, vorgesehen sind.

Die erfindungsgemäße Lösung geht damit auf die Anfangszeit des Fernsehens zurück, als noch keine Bildröhren verfügbar waren und die Bilderzeugung durch Rastern von Lichtbündeln mit Spiegelrädern und Intensitätssteuerung dieser Lichtbündel als wesentliche Verbesserung der anfänglich eingesetzten Nipkowscheiben angesehen wurde. Obwohl diese Technik sehr lange bekannt ist, ist ihr Einsatz bei Planetarien und insbesondere für die angegebene Vorrichtung zum Erzeugen ringförmiger Bilder nicht ins Auge gefaßt worden.

Diese Projektionstechnik bedarf weder eines Dias noch eines Filmes, so daß überhaupt keine Wärmebelastung aufgrund von Absorption in einer Bildebene auftritt. Auf einen Aufwand zur Kühlung eines Films kann daher verzichtet werden.

Weiter ist die Intensität der Bildpunkte in einfacher Weise steuerbar. Vorteilhafterweise kann das Bild programmierbar sein, wodurch spezielle Aufbereitungen von Filmen zum entzerrten Darstellen auf einer Kuppel entfallen. Die gewünschte Verzerrung des primären Bildinhalts wird dann durch eine Bearbeitung vor der Ansteuerung der einzelnen Bildpunkte berücksichtigt. Da bei der Projektion von Panoramabildern über einen Ringspiegel eine entsprechende Bildbearbeitung nur in radialer Richtungerfolgen muß, läßt sich dies in akzeptabler Zeit von heute verfügbaren Rechnern durchführen. Der zur Bearbeitung notwendige Zeitaufwand kann sogar reduziert werden, wenn die Videodarstellung mittels eines Computers unter Anwendung bekannter Datenkompressionstechniken erfolgt. Beispielsweise kann man das verzerrte Bild in einem Speicher ablegen, aus dem der auf dem Schirm darzustellende Bildinhalt ständig periodisch ausgelesen wird. Die Geschwindigkeit üblicher Prozessoren reicht aus, für die Darstellung eines Videofilms nur die bei einer Bewegung sich ändernden Bildpunkte neu zu berechnen und demgemäß den Speicherinhalt zu ändern.

Aufgrund der einfachen Entzerrmöglichkeit ist man bei dem Ringspiegel auch nicht auf eine hyperboloide Spiegelfläche angewiesen, wie er aus dem Stand der Technik bekannt ist. Wegen der einfacheren Bildbearbeitung können bei der erfindungsgemäßen Vorrichtung beliebige Formen für den Ringspiegel eingesetzt werden.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist es jedoch aus anderen Überlegungen besonders günstig, wenn der Ringspiegel eine Teilfläche eines Hyperboloiden ist. Dann erzielt man an verschiedenen Orten der Kuppel ungefähr gleiche Lichtstärken pro Flächeneinheit. Zwar könnte man für die Bildbearbeitung für eine Entzerrung in der Steuereinrichtung auch verschiedene Lichtintensitäten berücksichtigen, jedoch würden andere Flächen, die zu einer extrem ungleichmäßigen Beleuchtungsdichte an unterschiedlichen Orten auf der Kuppel führen würden, in einigen Bereichen der Kuppelfläche zu einer stark überhöhten Intensität und in anderen Bereichen zu einer stark gedämpften Intensität führen, so daß man bei gleicher Leuchtdichte Lichtquellen mit wesentlich höherer Leistung einsetzen müßte, bei denen dann nur ein Teil der Leistung ausgenutzt würde. Die Gründe für das Vorsehen eines Hyperboloiden als Ringspiegel beruhen hier im wesentlichen auf Überlegungen bezüglich der Elektronik, die bei der DD 20 88 80 keine Rolle gespielt haben.

Gemäß einer anderen vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist zwischen Rastereinrichtung und Ringspiegel ein optisches System zum Parallelisieren oder Fokussieren auf die Projektionsfläche des von dem Ringspiegel ausgehenden Lichtbündels vorgesehen.

Im allgemeinen erwartet man bei Reflexion an dem Ringspiegel eine ungleichmäßige Strahlaufweitung. Dies ist unerwünscht, da man in allen Bereichen der teilkugelförmigen Projektionsfläche, an der das ringförmige Bild erzeugt werden soll, möglichst eine gleich gute Bilddarstellungen haben möchte. Durch Vorsehen eines optischen Systems können die unterschiedlichen Strahlaufweitungen aufgrund der Reflexion des Lichtbündels an dem Ringspiegel kompensiert werden.

Diese Weiterbildung bietet jedoch noch weitere Vorteile. Das optische System ist hier zum Parallelisieren oder Fokussieren des von dem Ringspiegel ausgehenden Lichtspiegels vorgesehen. Das Fokussieren ist dabei im wesentlichen bei einer in der Mitte der Kuppel angeordneten Vorrichtung zweckmäßig, wodurch dann ein schärferes Bild erzeugt wird. Jedoch kann es aus Platzgründen günstiger sein, wenn die Vorrichtung außerhalb des Zentrums der Kuppel angeordnet ist, da im Zentrum üblicherweise ein Sternprojektor angeordnet ist, mit dem der Sternenhimmel auf eine Planetariumskuppel projiziert wird. Dann ist ein Parallelisieren des Lichtbündels vorteilhaft, da bei dieser Anordnung unterschiedliche Punkte am Umfang eines Parallelkreises in unterschiedlicher Entfernung von der Kuppel liegen. Bei parallelen Lichtstrahlen wird so in vorteilhafter Weise wesentlich dieselbe Auflösung in jedem Bildpunkt des ringförmigen oder teiltringförmigen Bildes erreicht.

Bei einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß der Ringspiegel auf einer dem optischen System zugehörigen Ringspiegellinse auf der der Rastereinrichtung abgewandten Seite ausgebildet ist.

Gemäß dieser Weiterbildung muß das Lichtbündel erst durch die Linse hindurchgehen, bevor es reflektiert wird. Aufgrund der durch die zusätzliche Linse gegebenen Ablenkung des Lichtbündels können Korrekturen von Abbildungsfehlern berücksichtigt werden, die eine verbesserte Bildqualität zum Parallelisieren oder Fokussieren ermöglichen. Dies erlaubt vor allem auch, andere Flächen anstelle von Hyperboloidflächen einzusetzen, da das Ablenkverhalten des optischen Systems nun zusätzlich durch die Linse und nicht nur durch die Verspiegelung gegeben ist.

Insbesondere hat es sich sowohl fertigungstechnisch als auch für Astigmatismuskorrekturen als vorteilhaft gezeigt, wenn gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung die der Rastereinrichtung zugewandte Seite der Ringspiegellinse eine Kugelfläche ist.

Prinzipiell könnte man verschiedene optische Systeme zum Fokussieren oder Parallelisieren einsetzen. Bei der Optimierung können sich aber Schwierigkeiten bezüglich der gleichzeitigen Korrektur von Farbfehlern und Verzeichnungen ergeben.

Als besonders vorteilhaft hat sich diesbezüglich gezeigt, wenn das optische System zwei Teillinsensysteme aufweist und die Rastereinrichtung mit ihrem Bereich, in dem das Lichtbündel ablenkbar ist, in einer Eintrittspupille des ersten Teillinsensystems angeordnet ist, wobei das Lichtbündel durch das erste Teillinsensystem in einer Zwischenbildebene abbildbar ist und das zweite Teillinsensystem zusammen mit dem Ringspiegel die von der Zwischenbildebene kommenden Lichtbündel parallelisiert oder auf die Projektionsfläche fokussiert.

Mit Hilfe dieser Lehre lassen sich die oben genannten optischen Systeme zwischen Ringspiegel und Rastereinrichtung in einfacher Weise mit herkömmlichen Optikrechnern auslegen.

Bei einer anderen vorzugsweisen Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, daß eine Vielzahl von Lichtquellen sowie eine Vielzahl zur Ablenkung der von diesen Lichtquellen ausgehenden Lichtbündel zugeordneten Rastereinrichtungen vorgesehen sind und daß die Eintrittspupille die Bereiche umfaßt, in denen die Lichtbündel der von der Vielzahl der Lichtquellen ausgehenden Lichtbündel von den Rastereinrichtungen ablenkbar sind.

Gemäß dieser Weiterbildung wird eine Vielzahl von Lichtbündeln über Rastereinrichtungen auf die Kuppel gerichtet. Die Vielzahl von Lichtbündeln erhöht die integrierte Leuchtdichte auf der Kuppel, es werden also lichtstärkere Bilder erzeugt. Dadurch lassen sich beispielsweise auch Teilbilder des zu projizierenden Bildes mit unterschiedlichen Rastereinrichtungen bzw. Lichtbündeln ausleuchten. Dann ist die Bildauflösung in einfacher Weise erhöht, die ansonsten durch die elektronische Schaltgeschwindigkeit begrenzt sein könnte. Man muß sich diesbezüglich vor Augen halten, daß Kuppeloberflächen üblicherweise sehr groß sind, das heißt, für eine gute Auflösung die Anzahl der Bildpunkte auf einem Parallelkreis wesentlich höher ist als bei der Zeile eines Fernsehbildes. Bei sehr großen Kuppeln und Geschwindigkeiten von $1/25$ s pro Gesamtbild kommt man daher bei guter Auflösung sehr schnell an die Grenzen elektronischer Schaltgeschwindigkeiten für die einzelnen Bildpunkte. Diese Begrenzung wird bei dieser Weiterbildung der Erfindung dadurch aufgehoben, daß bei einer Vielzahl von Rastereinrichtungen mit zugeordneten Lichtquellen jede nur eine Teilfläche des gewünschten ringförmigen Bildes beleuchten muß.

Die bei dieser Weiterbildung geforderte Auslegung der Eintrittspupille ermöglicht das Abbilden der Lichtbündel verschiedener Rastereinrichtungen mit derselben Optik und demselben Spiegel, was den Aufwand gegenüber verschiedenen unabhängig voneinander arbeitenden Projektoren beträchtlich verringert.

Insbesondere läßt sich dies in vorteilhafter Weise mit geringem Aufwand bei optischen Systemen verwirklichen, wenn diese, wie vorhergehend schon beschrieben, aus zwei Teillinsensystemen bestehen, zwischen denen ein Zwischenbild erzeugt wird, da bei dieser Ausführungsform ein durch die Rastereinrichtungen erzeugter Winkel im wesentlichen unabhängig von dem Ort der Rastereinrichtung in der Eintrittspupille auf den gleichen Ort dieser Zwischenbildebene abgebildet wird. Damit verringert sich der Aufwand für eine zweckmäßige Justierung zum Zusammenfügen einzelner Teilbilder der einzelnen Rastereinrichtungen in der Eintrittspupille.

Bezüglich einer Vielzahl von Lichtbündeln kann die Anzahl der Rastereinrichtungen auch minimiert werden, wenn gemäß einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung eine Vielzahl von Lichtquellen vorgesehen ist, eine Rastereinrichtung einen zum Rastern rotierbaren Polygonspiegel mit mehreren zum Ablenken verspiegelten Polygonseiten aufweist und die Lichtbündel verschiedener Lichtquellen auf mehrere dieser Polygonseiten gerichtet sind.

Aufgrund dessen kann man mehrere Lichtbündel mit einem einzigen Polygonspiegel rastern. Dieser ist gemäß der Weiterbildung in der Eintrittspupille des optischen Systems so angeordnet, daß er zur Ablenkung mehrerer Lichtbündel für verschiedene Bilder zur Verfügung steht. Dadurch wird vor allen Dingen eine hervorragende Synchronität ohne großen Aufwand hergestellt, wenn mit Hilfe der mehreren Lichtbündel verschiedene Teilbereiche des ringförmigen Bildes ausgeleuchtet werden.

Bei einer anderen vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist das optische System im Wellenlängenbereich von 520

bis 670 nm farbkorrigiert. Wie einleitend ausgeführt wurde, eignen sich derartige Systeme vor allem für die Darstellung von Panoramabildern in Planetarien. Dort ist das Panorama im wesentlichen die Silhouette einer Stadt, die man in einfacher Weise bei einer einzigen Wellenlänge abbilden könnte, denn dazu reichen im allgemeinen Schwarzweißbilder aus. Aufgrund dieser Weiterbildung ist es jedoch möglich, auch farbige Bilder ohne Farbfehler darzustellen. Dies bietet nicht nur die Möglichkeit, farbgetreue Bilder an die Kuppelwand zu werfen, sondern ermöglicht auch Showanwendungen in einem Planetarium oder bei anderen Kuppelprojektionen.

In Analogie zu dem oben genannten Dia wird das Bild erfindungsgemäß, beispielsweise in der Zwischenbildebene der speziellen beschriebenen Optik, nur auf einem Ring abgebildet. Zur Leistungsoptimierung ist es besonders günstig, wenn gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung die Rastereinrichtung einen Ringscanner aufweist, der das Lichtbündel nur innerhalb dieses Ringbereichs rastert:

Im Gegensatz zu Polygonspiegeln und Schwenkspiegeln, die aufgrund ihrer Trägheit bei schneller Bilddarstellung eine Flächenabbildung bedingen, werden mit einem Ringspiegel nur die Winkelbereiche erfaßt, in denen auch Bildpunkte im darzustellenden ringförmigen Bild dargestellt werden sollen. In anderen Fällen müssen aufgrund der Trägheit der Spiegelmassen unerwünschte abgerasterte Bereiche dunkelgetastet werden. Das würde bedeuten, daß im Zeitmittel nicht die volle Leistung des Lichtbündels für das abzubildende Bild in der Kuppel zur Verfügung stünde. Gemäß dieser Weiterbildung entfällt dieses Dunkelasten. Die benötigte Leistung für die Lichtquellen ist also in vorteilhafter Weise reduziert.

Gemäß einer anderen bevorzugten Weiterbildung der Erfindung weist die Steuereinrichtung zur Steuerung der Intensität ein Rechenwerk, insbesondere innerhalb eines Computers auf, mit dem die Bilddaten zum Entzerren des durch diese Vorrichtung dargestellten ringförmigen Bildes aufbereitbar sind.

Mit Hilfe des Rechenwerkes ist es möglich, beliebige Bilder einzugeben und in Echtzeit so zu verzerren, daß die aufgrund der Optik und des Spiegels erzeugte Verzerrung auf der Projektionsfläche kompensiert wird. Weiter können mit dem Computer auch die abzubildenden Bilder schnell von einer Festplatte geholt werden. Die heute üblichen, bei der Bildverarbeitung eingesetzten Möglichkeiten zur Datenkompression und zur Bildwiedergabe reichen bei einer für den üblichen Planetariumsbetrieb genügenden Projektion von einigen Minuten Länge aus, die an der Kuppel darzustellenden Bildinhalte von einer Festplatte zu holen.

Insbesondere ist aber auch die schnelle Aufbereitung der Entzerrung durch das Rechenwerk vorteilhaft. So kann man Videodaten direkt eingeben und in Echtzeit vom Computer in geeigneter Weise entzerren lassen.

Wie vorstehend schon deutlich wurde, ist es besonders vorteilhaft, wenn die zur Abbildung eingesetzten Lichtbündel parallele Lichtbündel sind. Deswegen ist bei einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, daß die Lichtquelle mindestens einen Laser aufweist.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen noch näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 Eine schematische Darstellung für das Erzeugen eines ringförmigen Bildes auf einer Projektionsfläche.

Fig. 2 Eine spezielle Ausführungsform eines Ringspiegels auf der Oberfläche einer Ringspiegellinse.

Fig. 3 Eine schematische Darstellung für ein vorteilhaftes optisches System, bei dem das auf die Kuppel fallende Lichtbündel parallel oder fokussiert ist.

Fig. 4 Eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels, bei dem mehrere Rastereinrichtungen zur Kuppelprojektion verwendet werden.

Fig. 5 Einen Polygonspiegel in Draufsicht, bei dem mehrere Polygonseiten simultan zur Abbildung eingesetzt werden.

Fig. 6 Ein Ausführungsbeispiel für einen Ringspiegel.

Fig. 7 Ein anderes Ausführungsbeispiel für einen Ringspiegel.

Fig. 8 Eine schematische Darstellung für ein optimiertes optisches System, dessen Abmessungen im nachfolgenden Teil der Beschreibung und in den Tabellen angegeben sind.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Vorrichtung, aus der die wesentlichen Teile der Erfindung ersichtlich sind. Die Projektionsfläche **1** ist hier, wie bei Planetarien üblich, die Innenseite einer Kuppel **2**, die mit Lichtbündeln **4** zur Darstellung eines ringförmigen Bildes ausgeleuchtet wird. Die Rotationssymmetrie ergibt sich in der schematischen Darstellung von **Fig. 1** aus der eingezeichneten optischen Achse **6**.

Das ringförmige oder teilringförmige Bild auf der Projektionsfläche **1** wird, wie vom Fernsehen bekannt, in Bildpunkte aufgelöst, die mittels des schnell über die einzelnen Orte der Bildpunkte geführten Lichtbündels **4** sequentiell beleuchtet werden. Die sequentielle Beleuchtung erfolgt mit hoher Geschwindigkeit, so daß aufgrund der Trägheit des Auges ein Gesamtbild sichtbar ist. Zur Steuerung der Lichtintensität des Lichtbündels **4** dient eine Steuereinrichtung **8**, welche an einer das Lichtbündel **4** emittierenden Lichtquelle **10** angeschlossen ist. Die Steuereinrichtung **8** steuert nicht nur die Ablenkung, sondern auch die Intensität des Lichtbündels, mit welcher der jeweils beleuchtete Bildpunkt beleuchtet werden soll. Insbesondere verzerrt diese Steuereinrichtung **8** die beispielsweise von einem Videoeingang empfangenen Videobilder so, daß diese auf der Kuppel geometrisch richtig wiedergegeben werden.

Im Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** ist nur eine Lichtquelle **10** gezeigt. Bei Darstellung farbiger Bilder wird man auch drei Lichtquellen mit Primärfarben verwenden, aus deren Lichtbündel das Lichtbündel **4** gemischt wird. Die Lichtquellen verschiedener Primärfarbe werden dann von der Steuereinrichtung **8** separat angesteuert, wodurch zusätzlich zu der Helligkeit auch die Farbe des Lichtbündels **4** vorgebar ist.

Das Lichtbündel **4** ist beim Ausführungsbeispiel von **Fig. 1** im wesentlichen parallel. Als Lichtquellen sind dafür vorzugsweise Laser vorgesehen. Zur Farbdarstellungen wird man drei Laser verwenden, deren unterschiedliche Wellenlängen die Primärfarben wiedergeben oder durch Mischung aus dem Laserlicht unterschiedlicher Wellenlänge erzeugen.

Das Lichtbündel **4** fällt nach Emission aus der Lichtquelle **10** auf Spiegel einer Rastereinrichtung **12**, die das Lichtbündel **4** nach Durchlaufen weiterer, später beschriebener optischer Komponenten sowohl auf Breiten kreisen als auch Längen kreisen der Projektionsfläche **1** führt. Anstelle von Spiegeln können auch akustooptische Modulatoren eingesetzt werden, diese würden bis auf dann notwendige Farbkorrekturen aber prinzipiell nichts ändern.

Zur Ablenkung auf Längenkreisen wird hier ein Schwenkspiegel **14** eingesetzt, der für eine schnelle Hin- und Herbewegung angesteuert ist.

Zwei Positionen des Schwenkspiegels **14** sind in **Fig. 1** gezeigt, wobei die eine unterbrochen dargestellt ist. Die unter-

schiedlichen Lichtwege der Lichtbündel 4 für die beiden Stellungen des Schwenkspiegels 14, in gleicher Weise durchgezogen oder unterbrochen gezeichnet, sind ebenfalls aus der Fig. 1 erkennbar. Aus den dargestellten Lichtwegen wird deutlich, daß das unterbrochen gezeichnete Lichtbündel 4 je nach Stellung des Schwenkspiegels 14 an einem anderen Ort der Kuppel 2 auf die Projektionsfläche 1 auftrifft als das durchgezogene Lichtbündel 4.

Nach Reflexion am Schwenkspiegel 14 trifft das Lichtbündel auf einer Seitenfläche eines Polygonspiegels 16 auf, welches im Ausführungsbeispiel kegelstumpfförmig ausgebildet ist. Die einzelnen Seitenflächen des Polygons sind verspiegelt und reflektieren das Lichtbündel 4, jedoch abhängig von der Stellung des Schwenkspiegels 14 in unterschiedliche Richtungen.

Der Polygonspiegel 16 rotiert um seine Achse 17. Dabei ergibt sich jeweils ein anderer Reflexionswinkel für das Lichtbündel 4, so daß dieses über Breitenkreise der Projektionsfläche 1 auf der Kuppel 2 geführt wird.

Das Lichtbündel 4 trifft anschließend auf einen Ringspiegel 18 auf, der das Lichtbündel in die zur Abbildung des teilingförmigen Bildes vorgesehenen Bereiche der Kuppel ablenkt. Aufgrund des Ringspiegels 18 werden die auf der Kuppel zur Darstellung eines Bildes verfügbaren Winkel wesentlich vergrößert.

Der Polygonspiegel 16 ist in diesem Beispiel kegelstumpfförmig ausgebildet. Es sind aber auch prismenförmige Polygonspiegel möglich, deren Drehachse sogar senkrecht zur optischen Achse liegen kann. Die Gestaltung des Polygonspiegels 16 und die Lage der Drehachse 17 kann sehr allgemein gewählt werden, je nachdem, welche Bereiche der Kuppel mit dem teilingförmigen oder ringförmigen Bild ausgeleuchtet werden sollen.

Der Ringspiegel 18 kann im allgemeinen so gekrümmt werden, daß der abzubildende Bildbereich auf der Projektionsfläche 1 abhängig von dem durch die Rastereinrichtung 12 dem Lichtbündel 4 zugänglichen Winkelbereich geeignet ausgelegt ist. Es hat sich jedoch bei beispielhaft durchgeführten Optikberechnung gezeigt, daß es insbesondere günstig ist, wenn der Ringspiegel 18 hyperboloid ausgeführt wird, da dann Astigmatismuskorrekturen aufgrund der Krümmung des Ringspiegels 18 besonders gering werden.

Fig. 2 zeigt eine etwas andere Ausführungsform des in Fig. 1 gezeigten Ringspiegels 18, die ebenfalls zur Korrektur von Bildfehlern vorteilhaft ist. Hier ist der Ringspiegel 18 auf dem Glaskörper 22 einer Ringspiegellinse 20 durch Aufdampfen aufgebracht worden. Der Glaskörper 22 dient ebenfalls zur Ablenkung der Lichtbündel 4. Seine Form läßt sich für Astigmatismuskorrekturen in Abhängigkeit der Krümmung des Ringspiegels 18 auslegen. Für eine Optimierung hat sich bei einem Hyperboloidspiegel insbesondere als vorteilhaft erwiesen, wenn die unverspiegelte Seite des Glaskörpers 22 als Kugelfläche 24 ausgebildet ist.

Eine andere Möglichkeit zur Astigmatismuskorrektur ist in Fig. 3 angegeben, die zwar keine Ringspiegellinse zeigt, allerdings auch mit der Ringspiegellinse von Fig. 2 kombinierbar ist. Zur optischen Korrektur der Abbildung werden auch in diesem Ausführungsbeispiel Linsen eingesetzt, die von dem Ringspiegel 18 körperlich getrennt sind.

Das Ausführungsbeispiel von Fig. 3 verwendet ein aus zwei Teillinsensystemen 26 und 28 bestehendes optisches System zur Astigmatismuskorrektur. Aufgrund seines Aufbaus lassen sich neben Astigmatismuskorrekturen auch Farbfehler des optischen Systems kompensieren.

Als besonders günstig hat sich diesbezüglich ein Linsensystem erwiesen, bei dem das erste Teillinsensystem 26 das Lichtbündel 4 in einer Zwischenbildebene 32 fokussiert. Die Eintrittspupille 30 liegt dabei an dem Ort, an dem die Rastereinrichtung 12 das Lichtbündel 4 ablenkt. Da zwei Spiegel, der Schwenkspiegel 14 und der Polygonspiegel 16 zur Ablenkung vorgesehen sind, ist dieser Ort räumlich ausgedehnt. Es entsteht also eine Ablenkung in einem bestimmten räumlichen Bereich, der bei der Auslegung der Optik nach Fig. 3 berücksichtigt werden muß, indem die Eintrittspupille 30 groß genug dimensioniert wird.

Das erste Teillinsensystem 26 fokussiert das in die Eintrittspupille 30 einfallende Lichtbündel 4 auf die Zwischenbildebene 32. Da die Eintrittspupille 30 identisch mit dem Ablenkbereich der Rastereinrichtung 12 ist, ist für jeden Ablenkwinkel ein vorbestimmter Ort auf der Zwischenbildebene gegeben. Das zweite Teillinsensystem 28 fokussiert dann zusammen mit dem Ringspiegel 18 das Lichtbündel 4 auf die Projektionsfläche 1 und transformiert den Ort auf der Zwischenbildebene wieder in einen Winkel.

Beim Ausführungsbeispiel von Fig. 3 ist das Teillinsensystem 28 allerdings nicht fokussierend sondern so ausgelegt, daß das kombinierte optische System aus dem zweiten Teillinsensystem 28 und Ringspiegel 18 das Lichtbündel 4 parallelisiert, da es sich beim Ausführungsbeispiel in Fig. 3 um eine sehr große Kuppel handelt. Bei kleineren Kuppeln in zentrischer Anordnung der Austrittspupille des optischen Systems einschließlich des Ringspiegels 18 ist eine Fokussierung für optimale Auflösung vorteilhaft. Jedoch sollte man außerhalb des Zentrums von kleineren Kuppeln eine Parallelisierung des Lichtbündels 4 anstreben, damit in allen Bereichen der Projektionsfläche nahezu die gleiche Bildpunktgröße erreicht wird.

Das Teillinsensystem von Fig. 3 bietet die Möglichkeit einer einfachen Optimierung, da die Fokussierungsbedingung für das erste Teillinsensystem 26 und das zweite Teillinsensystem 28 einzeln vorgegeben sind. Zusätzlich lassen sich beide Teillinsensysteme 26 und 28 gemeinsam für Farbkorrekturen optimieren.

Für die Fokussierungsbedingungen des ersten Teillinsensystems 26 ist vorgesehen, daß die Eintrittspupille 30 in der Nähe seines dingseitigen Brennpunktes liegt und sein zweiter Brennpunkt den Schnittpunkt der Zwischenbildebene 32 mit der optischen Achse 6 festlegt. Für das Parallelisieren des Lichtbündels 4 sollte der Brennpunkt des Gesamtsystems von Teillinsensystem 2 und Ringspiegel 18 ebenfalls auf der Zwischenbildebene 32 liegen. Im Prinzip erhält man so ein afokales System, das sich jedoch von einem üblichen afokalen System dadurch unterscheidet, daß die Lage der Brennpunkte des ersten und zweiten Teillinsensystems mit Ringspiegel 18 nicht vollständig auf der Zwischenbildebene 32 zusammenfällt. Dies hat seine Ursache darin, daß der Rasterbereich in der Eintrittspupille 30 räumlich ausgedehnt ist und ferner das Lichtbündel 4 eventuell auch auf der Projektionsfläche 1 fokussiert werden soll.

Bei sehr großen Kuppeln kann es erwünscht sein, eine bessere Auflösung durch Verkleinerung der Bildpunkte zu erhalten, als es durch elektronisch bedingte Schaltgeschwindigkeiten der Bauelemente in der Steuereinrichtungen 8 technisch möglich ist. Für eine derartige Verbesserung läßt sich das Ausführungsbeispiel von Fig. 4 einsetzen. In Fig. 4 sind nur die wesentlichen Teile dieser Weiterbildung gezeigt. Ringspiegel und Lichtsteuereinrichtungen und optische Elemente wurden hier weggelassen.

Im Ausführungsbeispiel von **Fig. 4** werden aus zwei unterschiedlichen Lichtquellen **10** stammende Lichtbündel **4** und **4'** mit zwei Rastereinrichtungen, deren Polygonspiegel **16** und **16'** ausschließlich gezeigt sind, abgelenkt. Die abgelenkten Lichtbündel **4** und **4'** werden mit einem aus einem ersten Teillinsensystem **36** und einem zweiten Teillinsensystem **38** bestehenden optischen System zusammengeführt. Dieses optische System ist wieder ein im wesentlichen afokales System mit einer Zwischenbildebene **40**. Es dient dazu, die von den verschiedenen Polygonspiegeln **16** und **16'** reflektierten Lichtbündel **4** und **4'** örtlich zusammenzufassen, damit sie praktisch vom gleichen Punkt stammend in die Eintrittspupille **30** einfallen. Der Brennpunkt des zweiten Teillinsensystems **38** liegt dann in der Nähe der Eintrittspupille **30** des Ausführungsbeispiels von **Fig. 3**. Die Brennweite des zweiten optischen Systems **38** ist kleiner als die des ersten optischen Systems **36**, so daß die aus dem optischen System ausfallenden Lichtbündel **4** und **4'** näher aneinander liegen als die in dieses einfallenden.

Bei der vereinfachten zeichnerischen Darstellung ist in **Fig. 4** nur eine Verkleinerung des Ortsabstands der Lichtbündel **4**, **4'** mit einem Faktor vier gezeigt. Jedoch lassen sich durch geeignete Brennweitenverhältnisse der Teillinsensysteme **36** und **38** auch größere Faktoren wählen, so daß für die räumliche Anordnung der beiden Polygonspiegel **16** und **16'** ein großer Spielraum besteht, wobei allerdings die Beugungsbegrenzung durch die Teillinsensysteme **36** und **38** zu berücksichtigen ist.

Das Beispiel von **Fig. 4** wurde vorhergehend so beschrieben, daß dieses optische System der Eintrittspupille **30** des Ausführungsbeispiels von **Fig. 3** vorgeschaltet ist. Jedoch ist es auch möglich, das erste Teillinsensystem **26** und das zweite Teillinsensystem **28** der **Fig. 3** direkt so auszulegen, daß sich eine genügend große Eintrittspupille für die Anordnung mehrerer Polygonspiegel **16** und **16'** oder anderer Rastereinrichtungen ergibt.

Eine besonders einfache und kompakte Möglichkeit zum Führen mehrerer Lichtbündel **4**, **4'**, **4''**, **4'''** in einer einzigen Eintrittspupille gemäß Beispiel 4 ergibt sich bei der in **Fig. 5** dargestellten Ausführungsform. **Fig. 5** zeigt einen kegelförmigen Polygonspiegel in Draufsicht, auf den die Lichtbündel **4**, **4'**, **4''**, **4'''** auf verschiedene verspiegelte Polygonseiten **44**, **44'**, **44''** und **44'''** fallen und gemeinsam vom gleichen Polygonspiegel **16** abgelenkt werden. Mit Hilfe dieses Polygonspiegels **16** läßt sich die Auflösung beispielsweise in den Breitenkreisen der Projektionsfläche **1** vervierfachen, ohne daß der Aufwand wesentlich vergrößert wird. Jedes von den Lichtbündeln **4**, **4'**, **4''**, **4'''** wird dabei durch den Polygonspiegel **16** auf einem Quadranten eines Parallelkreises geführt. Aufgrund des einzigen Polygonspiegels **16** für vier Lichtbündel **4**, **4'**, **4''**, **4'''**, ist neben der konstruktiven Einfachheit eine Synchronisierung der Ablenkung verschiedener Lichtbündeln **4**, **4'**, **4''** und **4'''** bei der Darstellung des ringförmigen Bildes in vorteilhafter Weise gewährleistet.

Wie schon bei der Beschreibung des Beispiels von **Fig. 4** deutlich wurde, sollten die Rastereinrichtungen **12** zur Ablenkung mehrerer Lichtbündel einen möglichst geringen Raum einnehmen. Dazu ist vor allen Dingen förderlich, daß die Parallelkreise auf der Kuppel **2** ringförmig gerastert werden können. Man kann daher in der Eintrittspupille **30** beim Ausführungsbeispiel von **Fig. 3** oder in der Eintrittspupille des in **Fig. 4** gezeigten optischen Systems Ringscanner statt Polygonspiegel zur Ablenkung des Lichtbündels **4** anordnen, wie sie in **Fig. 6** und **Fig. 7** beispielhaft dargestellt sind.

Der in **Fig. 6** dargestellte Ringscanner **50** weist einen Spiegel **52** auf, der um zwei Achsen, **54** und **56**, drehbar gelagert ist. Bei Ansteuerung der Achsen mit einer Sinus- und einer Kosinusschwingung gleicher Amplitude wird ein einfallendes Lichtbündel **4** bei der Reflexion am Spiegel **52** kreisförmig abgelenkt. Durch periodische Änderung der Amplitude der Sinus- und Kosinusschwingung läßt sich auch ein vollständiges Rastern auf einer Ringfläche bewirken.

Da sich mit den in **Fig. 3** und **Fig. 4** gezeigten optischen Systemen auch große Ablenkwinkel verwirklichen lassen, kann der für den Ringscanner **50** verlangte Ablenkbereich sehr gering sein. Man kann deshalb statt fester Achsen **54** und **56** unter allen Ecken des Spiegels **52** auch Piezokristalle anordnen, die phasengerecht zur Erzeugung der genannten Sinus- und Kosinusschwingung angesteuert werden.

Eine derartiger Ringscanner **50** kann dann beispielsweise mikromechanisch hergestellt werden, was es erlaubt, ihn zusammen mit einer Ansteuerelektronik auf einem gemeinsamen Substrat zu integrieren. So entsteht ein kompaktes Bauelement für mehrere Ringscanner **50**, welches auch in einer Eintrittspupille **30** von nur einigen Millimetern Ausdehnung Platz findet.

Wegen der bei dieser Ausführungsform geringen erreichbaren Größe lassen sich auch eventuell störende Effekte durch eine Schwingungsanregung der Oberfläche des Spiegels **50** beseitigen, indem dieser so dimensioniert wird, daß dessen Resonanzfrequenz mit der Anregungsfrequenz übereinstimmt, beispielsweise wenn die die Kippung steuernden Piezokristalle gleichzeitig als Oszillatoren zum Erzeugen der Zeilenfrequenz beim Rastern eingesetzt werden.

Das in **Fig. 7** gezeigte Ausführungsbeispiel weist wieder einen Schwenkspiegel **14** auf, jedoch wird statt des Polygonspiegels **16** ein rotierender Spiegel **60** eingesetzt. Die Rotationsachse **62** ist bei diesem aber um einen von Null verschiedenen Winkel gegenüber dessen Flächen normalen **64** verkippt, so daß das ausfallende Lichtbündel **30** aufgrund der Reflexionsgesetze bei Drehung des ebenen Spiegels **60** eine Ellipse beschreibt. Bei entsprechender Wölbung des Spiegels und/oder einer nachfolgenden Optik kann die Ellipse jedoch in einen Kreis überführt werden. Der Radius des durch Ablenkung erzeugten Kreises kann durch den Schwenkspiegel **14** geändert werden. Es ist jedoch auch möglich, die Achse **62** gegenüber der Flächennormalen **64** zu variieren, wobei dann allerdings der Schwenkspiegel **14** entfallen kann.

In **Fig. 8** ist ein optisches System gemäß Ausführungsbeispiel von **Fig. 3** detailliert angegeben. Die Bezugszeichen der Linsenflächen, die in der **Fig. 8** angegeben sind, sind in der im Anhang befindlichen Tabelle 1 aufgeführt, ebenso wie die Abstände und die Brechungsindizes bei verschiedenen Wellenlängen der bei der Herstellung der Linsen verwendeten Gläser.

Die Eintrittspupille **30** liegt bei dem Ausführungsbeispiel von **Fig. 8** im Abstand von 24,2 mm von der Linsenfläche **97** entfernt. Die Ausdehnung der Eintrittspupille **30** betrug ungefähr 5 mm.

Der Scheitel des Hyperboloiden **18** war in einem Abstand von 110 mm zur Linsenfläche **74** angeordnet. Der Krümmungsradius ρ am Scheitel betrug dabei 25 mm. Die Oberfläche der Hyperbel läßt sich mit der bekannten Formel

$$z = \frac{\rho \cdot h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k) \cdot \rho^2 h^2}}$$

beschreiben, wobei k der Kegelschnittparameter ist, der im Ausführungsbeispiel auf einen Wert von $-1,2$ festgelegt war. Die Gleichung gibt bei einem vorgegebenen Abstand z vom Scheitelpunkt auf der optischen Achse **6** den funktionellen Zusammenhang mit der Breite h senkrecht zur optischen Achse **6** an, der die Form des Hyperboloiden wiedergibt.

Unter Berücksichtigung dieser Angaben mit der in Tabelle I angegebenen Dimensionierung ergibt sich der in der ebenfalls im Anhang befindlichen Tabelle II angegebenen Zusammenhang zwischen Einfallswinkel und dem Projektionswinkel auf der Kuppel. Wie man aus der Tabelle II erschen kann, läßt sich ein großer Kuppelbereich von 40° Winkelgrad überstreichen. Unerwarteterweise ist der funktionelle Zusammenhang zwischen dem Einfallswinkel, also dem Ablenkwinkel der Rastereinrichtung **12**, und dem Winkel an der Kuppel weitgehend linear, so daß für eine Korrektur bezüglich Bildverzerrungen zur bildgerechten Darstellung auf der Kuppel nur wenig Aufwand getrieben werden muß.

Eine Korrektur für die Entzerrung geschieht durch eine Bildaufbereitung in der Fig. 1 dargestellten Steuereinrichtung **8**, die einen Computer mit einem Rechenwerk enthält. Die Planetariumdaten sind auf der Festplatte dieses Computers schon so abgespeichert, daß die Verzerrung durch Ringspiegel **18** und die Kuppelgeometrie berücksichtigt ist. Die in die Steuereinrichtung **8** eingegebenen zu projizierenden Bilder werden gleich nach Eingabe vom Computer entsprechend aufbereitet und auf die Festplatte gegeben, so daß die Rechenzeit für eine Entzerrung minimiert ist.

DE 196 41 656 A 1

Tabelle I

Bezugs- zeichen	Krümmungs- radius in mm	Zwischen- raum Bezugs- zeichen	Abstand in mm	Brechung index bei 546 nm	Brechungs- index bei 480 nm	Brechungs- index bei 644 nm
74	17,176	74 - 75	3,0	1,7162	1,723	1,7096
75	37,738	75 - 76	0,2	1	1	1
76	5,831	76 - 77	3,0	1,7162	1,7230	1,7096
77	7,906	77 - 78	2,0	1,8127	1,8297	1,7975
78	3,866	78 - 79	2,13	1	1	1
79	Fokus	79 - 80	2,13	1	1	1
80	- 3,041	80 - 81	1,5	1,8127	1,8297	1,797
81	- 29,124	81 - 82	4,0	1,7162	1,7230	1,7096
82	- 6,784	82 - 83	0,2	1	1	1
83	- 76,506	83 - 84	4,0	1,7162	1,7230	1,7096
84	- 12,873	84 - 85	10,0	1	1	1
85	21,870	85 - 86	4,0	1,7162	1,7230	1,7096
86	80,974	86 - ZBE	13,5	1	1	1
32	ZBE	ZBE - 88	6	1	1	1
88	- 10,238	88 - 89	2,0	1,8127	1,8297	1,7975
89	93,146	89 - 90	9,0	1,6539	1,6599	1,6482
90	- 15,901	90 - 91	5,07	1	1	1
91	1288,435	91 - 92	6,0	1,6539	1,6599	1,6482
92	- 39,945	92 - 93	0,2	1	1	1
93	93,635	93 - 94	7,0	1,6539	1,6599	1,6482
94	- 50,460	94 - 95	0,2	1	1	1
95	40,324	95 - 96	6,0	1,6539	1,6599	1,6482
96	- 99,574	96 - 97	4,0	1,8127	1,8297	1,7975
97	46,755					

Tabelle 2

	Einfallswinkel	Winkel an Kuppel
	9,61°	-20°
	10,47°	-15°
	11,38°	-10°
	12,34°	-5°
	13,36°	0°
	14,45°	5°
	15,61°	10°
	16,87°	15°
	18,23°	20°

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Erzeugen eines teilringförmigen oder ringförmigen Bildes auf einer teilkugelförmigen Projektionsfläche (1) mittels eines Ringspiegels (18), mit dem ein dieses Bild erzeugendes Lichtbündel (4) auf die Projektionsfläche (1) ablenkbar ist, **gekennzeichnet durch** eine Lichtquelle (10) mit der im wesentlichen parallele Lichtbündel (4) erzeugbar sind, eine Steuereinrichtung (8) zur Steuerung der Intensität des Lichtbündels (4) und einer im Lichtweg zwischen dem Ringspiegel (18) und der Lichtquelle (10) angeordneten Rastereinrichtung (12), mit der das Lichtbündel (4) zeilen- und bildmäßig zum sequentiellen Ausleuchten von Bildpunkten des teilringförmigen oder ringförmigen Bildes rasterbar ist. 10
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringspiegel (18) eine Teilfläche eines Hyperboloiden ist. 15
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Rastereinrichtung (12) und Ringspiegel (18) ein optisches System zum Parallelisieren oder Fokussieren auf die Projektionsfläche (1) des von dem Ringspiegel (18) ausgehenden Lichtbündels (4) vorgesehen ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Ringspiegel (18) auf einer dem optischen System zugehörigen Ringspiegellinse (20) auf der der Rastereinrichtung (12) abgewandten Seite ausgebildet ist. 20
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die der Rastereinrichtung (12) zugewandte Seite der Ringspiegellinse (20) eine Kugelfläche (24) ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System zwei Teillinsensysteme (26, 28) aufweist und die Rastereinrichtung (12) mit ihrem Bereich, in dem das Lichtbündel (4) ablenkbar ist, in einer Eintrittspupille (30) des ersten Teillinsensystems (26) angeordnet ist, wobei das Lichtbündel (4) durch das erste Teillinsensystem (26) in eine Zwischenbildebene (32) abbildbar ist, und daß das zweite Teillinsensystem (28) zusammen mit dem Ringspiegel (18) die von der Zwischenbildebene (32) kommenden Lichtbündel (4) parallelisiert oder auf die Projektionsfläche (1) fokussiert. 25
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Lichtquellen (10) sowie eine Vielzahl zur Ablenkung der von diesen Lichtquellen ausgehenden Lichtbündel (4, 4', 4'', 4''') zugeordneten Rastereinrichtungen (12) vorgesehen sind und daß die Eintrittspupille (30) die Bereiche umfaßt, in denen die Lichtbündel (4, 4', 4'', 4''') der von der Vielzahl der Lichtquellen (10) ausgehenden Lichtbündel (4, 4', 4'', 4''') von den Rastereinrichtungen (12) ablenkbar sind. 30
8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vielzahl von Lichtquellen (10) vorgesehen ist, daß eine Rastereinrichtung (12) einen zum Rastern rotierbaren Polygonspiegel (16) mit mehreren zum Ablenken verspiegelten Polygonseiten (44, 44', 44'', 44''') aufweist und die Lichtbündel (4, 4', 4'', 4''') verschiedener Lichtquellen (10) auf mehrere dieser Polygonseiten (44, 44', 44'', 44''') gerichtet sind. 35
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das optische System (22; 26, 28; 36, 38) im Wellenlängenbereich von 520–670 nm farbkorrigiert ist.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Rastereinrichtung (12) einen Ringscanner (50) aufweist. 40
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (8) zur Steuerung der Intensität ein Rechenwerk, insbesondere innerhalb eines Computers, aufweist, mit dem die Bilddaten zum Entzerren des durch diese Vorrichtung dargestellten ringförmigen Bildes aufbereitbar sind.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtquelle (10) mindestens einen Laser aufweist. 45

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

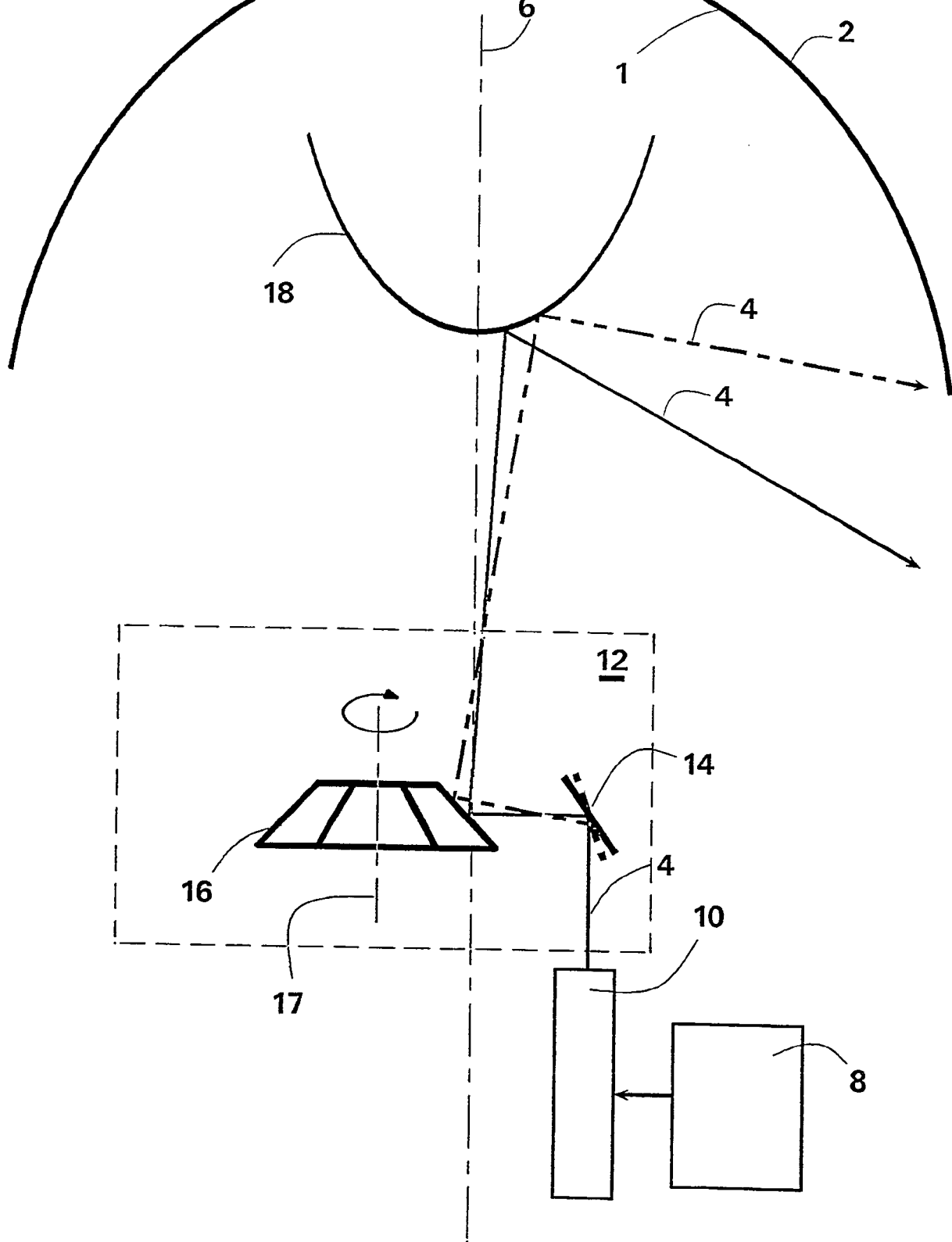


Fig. 1

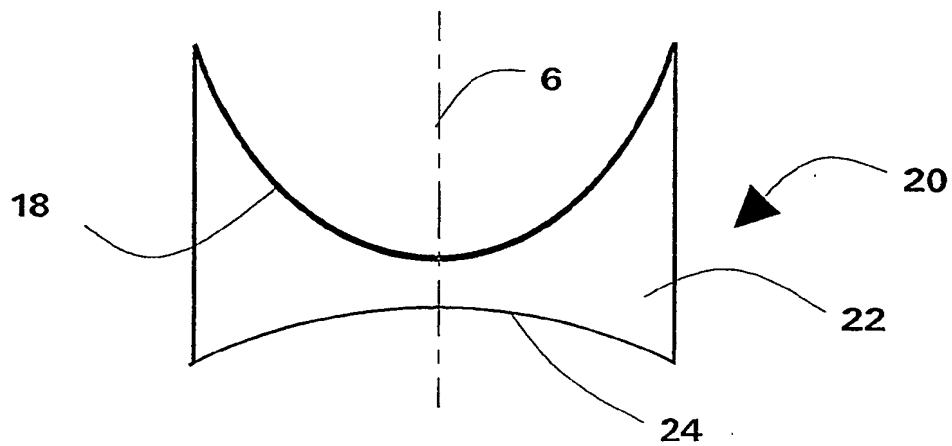


Fig. 2

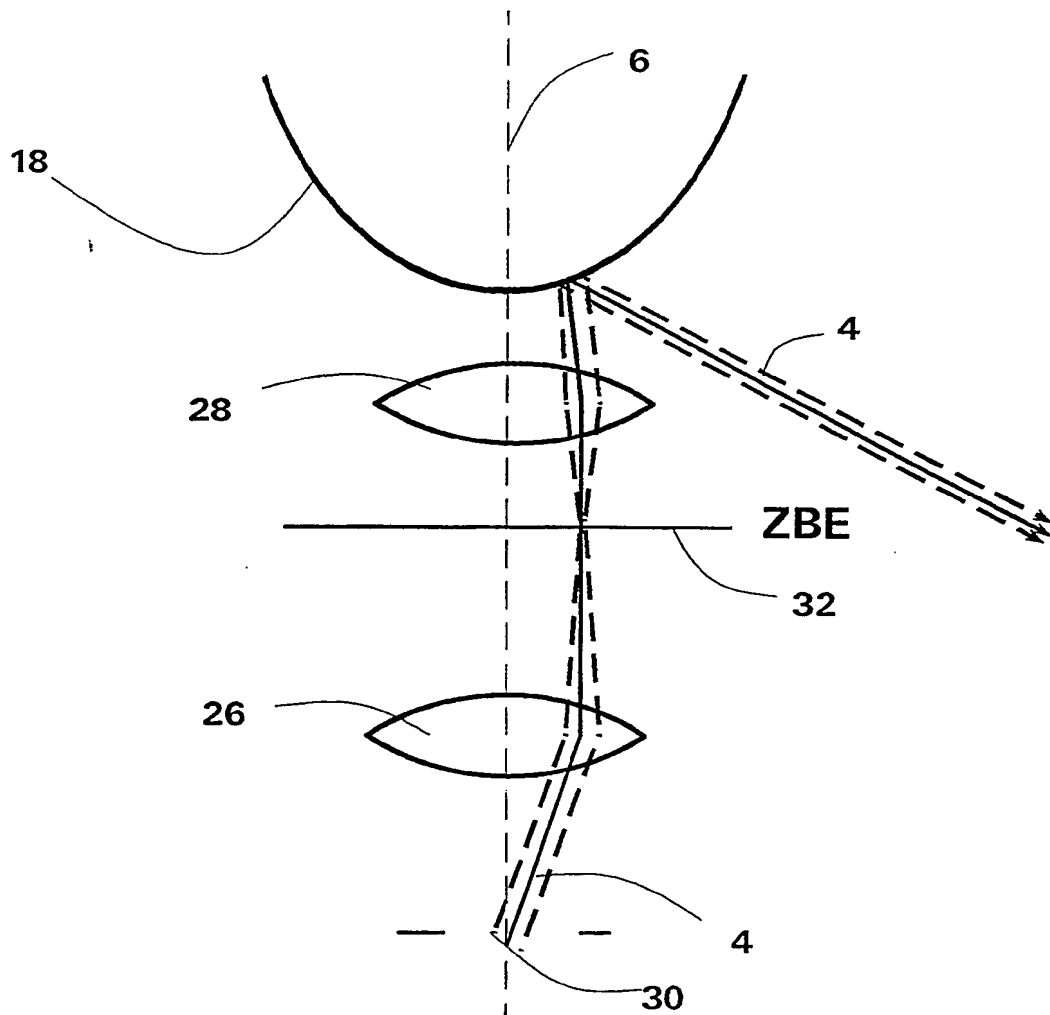


Fig. 3

Fig. 4

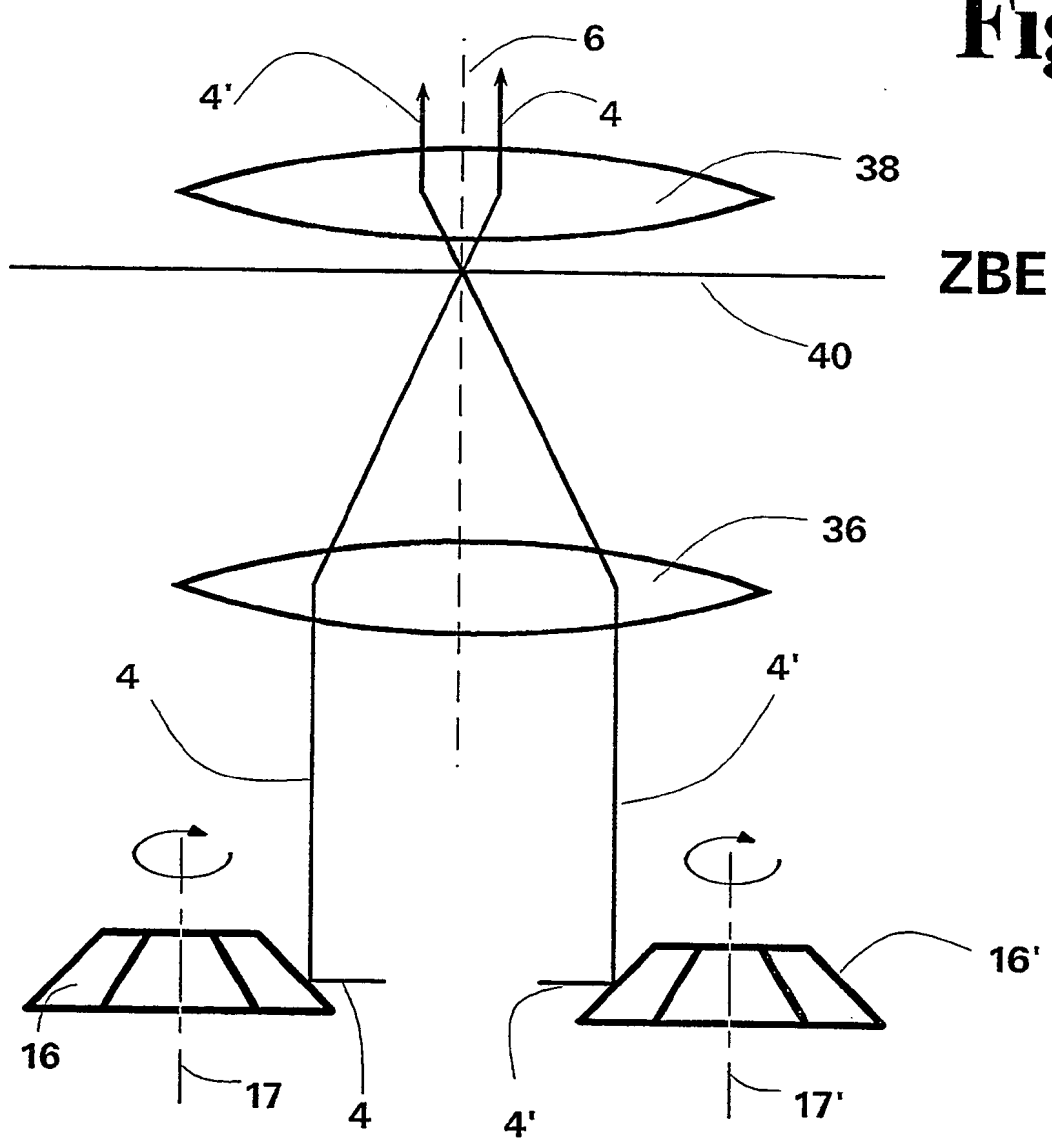
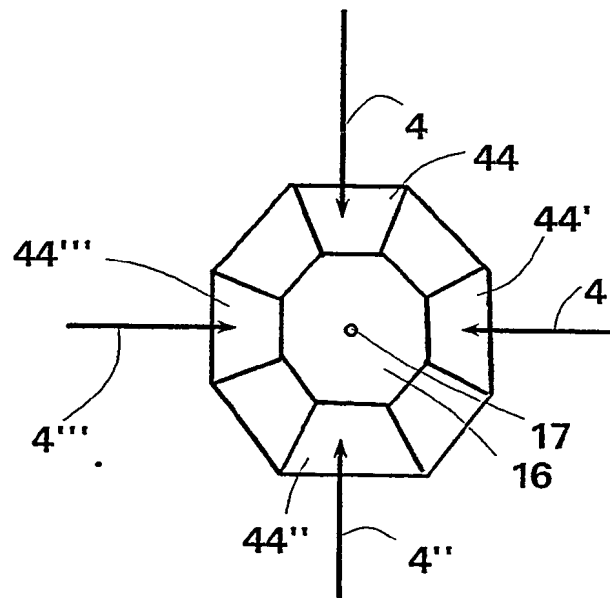


Fig. 5



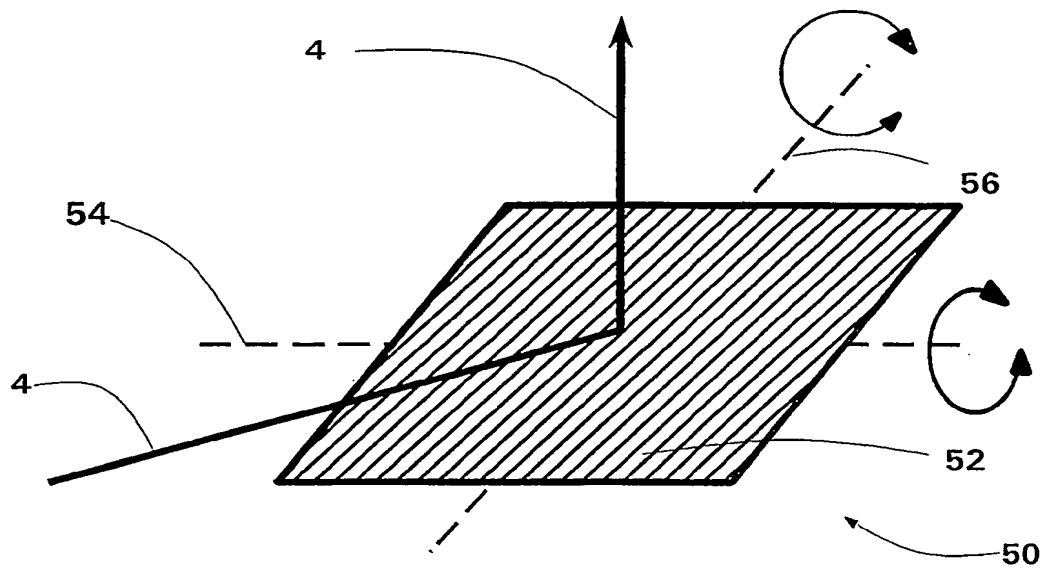


Fig. 6

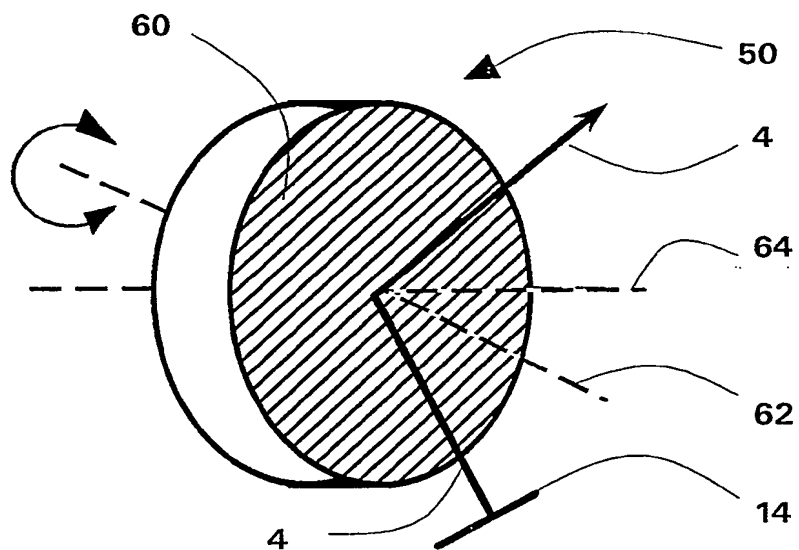


Fig. 7

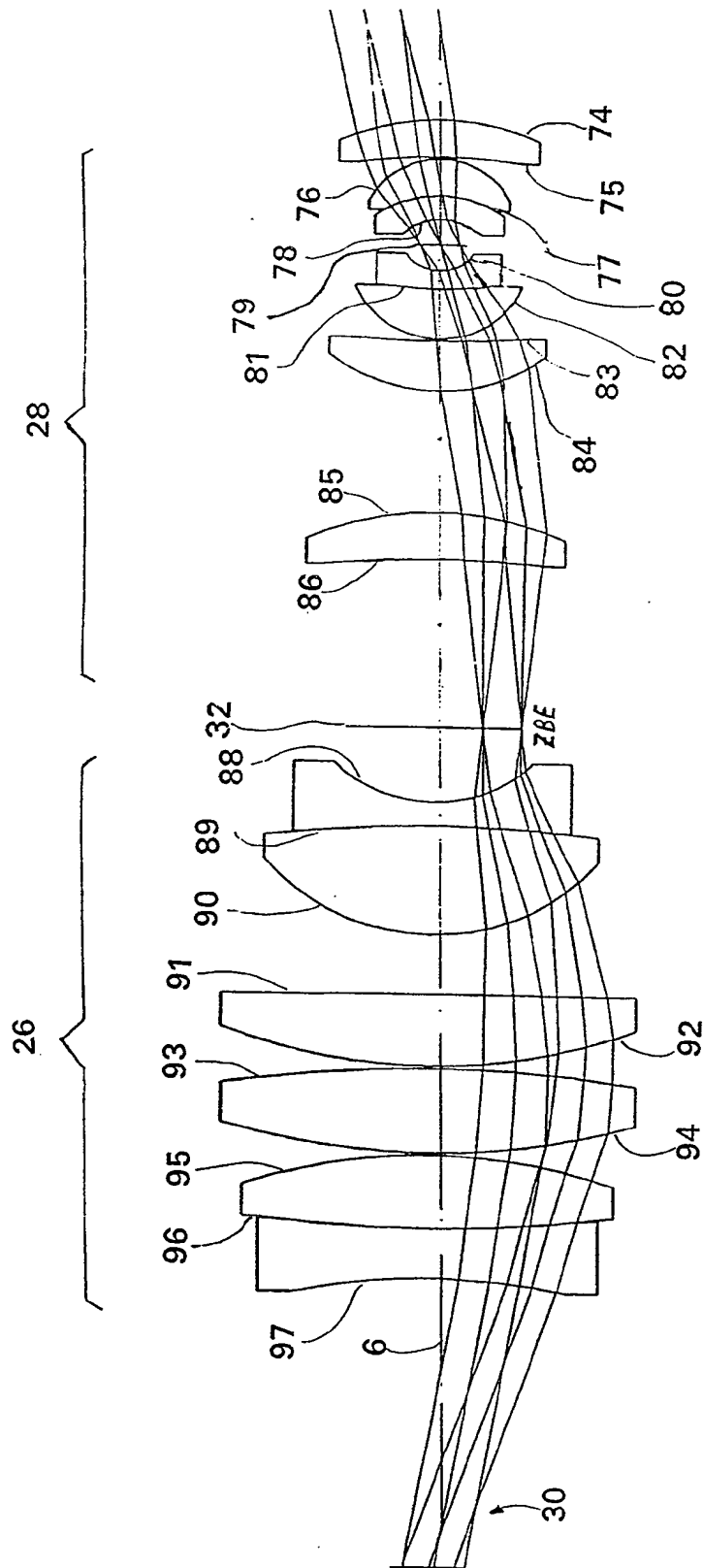


Fig. 8